

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ В ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОМ ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ

В настоящее время во всем мире пристальное внимание уделяется проблеме энергосбережения в промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве. Это связано с постоянным ростом тарифов на электрическую энергию и значительными капитальными затратами на установку новых генерируемых мощностей [1]. Как известно, основным потребителем электроэнергии в промышленности и ЖКХ является электропривод, доля которого составляет порядка 60 % от общего потребления электроэнергии. Основные пути энергосбережения в электроприводе широко известны [1] и постепенно внедряются в промышленности и ЖКХ. Наибольший экономический эффект дает замена нерегулируемого электропривода на частотно-регулируемый в ряде производственных механизмов, таких как вентиляторы, компрессоры, насосы и другие виды турбомеханизмов, работающих в продолжительном режиме. В то же время, например, в подъемно-транспортных механизмах существуют дополнительные способы экономии электроэнергии даже после внедрения частотно-регулируемого электропривода. Такие механизмы работают в повторно-кратковременном режиме, в котором часто возникают тормозные режимы работы электропривода при интенсивном замедлении или под действием активного момента статической нагрузки. При этом в большинстве преобразователей частоты вырабатываемая во время торможения энергия используется неэффективно и рассеивается на тормозном сопротивлении, установленном в звене постоянного тока преобразователя. Использование активного выпрямителя напряжения [2] решает проблему лишь отчасти, поскольку, помимо существенного повышения стоимости преобразователя, такой подход работает только в том случае, когда к сети подключено несколько потребителей. Если это условие не выполняется, то энергия, которая поступает в питающую сеть, формально теряется, поскольку в Российском законодательстве нет механизмов, которые позволяют продавать вырабатываемую энергию энергоснабжающей компании.

В связи с этим поставлена задача исследования возможности использования емкостных накопителей энергии в частотно-регулируемом электроприводе. Емкостные накопители энергии или так называемые суперконденсаторы [3] представляют собой конденсаторы с двойным изолирующим слоем и имеют емкость на несколько порядков выше, чем у обычных современных конденсаторов. Идея состоит в том, чтобы во время тормозных режимов работы запасать энергию в суперконденсаторе, подключенном к звену постоянного тока преобразователя частоты, и затем использовать ее в двигательном режиме работы электропривода. Предварительные расчеты и результаты математического моделирования показали существенный потенциал энергосбережения в частотно-регулируемом электроприводе с суперконденсаторами по сравнению с традиционными преобразователями, в которых используется тормозной резистор [4, 5]. В докладе представлены результаты экспериментальных исследований на действующей лабораторной установке.

В ходе экспериментальных исследований выполнены анализ переходных процессов в электроприводе, замеры энергопотребления и их сравнение с результатами расчетов и математического моделирования.

Проведение экспериментов направлено на исследование динамических режимов и энергопотребления следующих электроприводов:

а) электропривода с «обычным» конденсатором и тормозным сопротивлением в звене постоянного тока. В таком электроприводе при тормозных режимах работы электродвигателя энергия торможения рассеивается на дополнительном сопротивлении.

б) электропривода с блоком суперконденсаторов общей емкостью 0,21 Ф. В таком электроприводе энергия торможения запасается на конденсаторе и затем расходуется на работу электропривода в двигательном режиме.

На рис. 1 представлены графики переходных процессов в электроприводе с «обычным» конденсатором (рис. 1а) и в электроприводе с суперконденсатором (рис. 1б). Номинальная мощность электропривода 3 кВт.

В этом эксперименте электропривод отрабатывает тахограмму работы с участком пониженной скорости. Время разгона и торможения установлены равными 0,5 с. Из рисунка видно, что при отработке тахограммы в электроприводе без блока суперконденсаторов при переходе на пониженную скорость напряжение в звене постоянного тока начинает быстро нарастать и в работу вступает тормозное сопротивление. При использовании суперконденсаторов в этом режиме работы напряжение на конденсаторах остается практически постоянным и тормозное сопротивление не работает.

Во втором случае (рис. 2) проводилось исследование режима работы электропривода со знакопеременной нагрузкой при постоянной скорости вращения асинхронного двигателя.

В тормозных режимах работы «обычного» электропривода, как и в предыдущем эксперименте, периодически вступает в работу тормозное сопротивление, и вся энергия торможения переходит в тепло. В электроприводе с суперконденсатором в тормозных режимах работы начинает увеличиваться напряжение в звене постоянного тока, но оно не достигает значения, необходимого для включения тормозного сопротивления. Очевидно, что во втором случае электропривод будет потреблять меньше электроэнергии из питающей сети. Замеры энерго-

потребления показывают, что электропривод с тормозным сопротивлением за 10 циклов работы (рис. 2) потребляет 0,043 кВт·час активной энергии, в то время как электропривод с суперконденсатором потребляет 0,029 кВт·час, то есть на 32,5 % меньше.

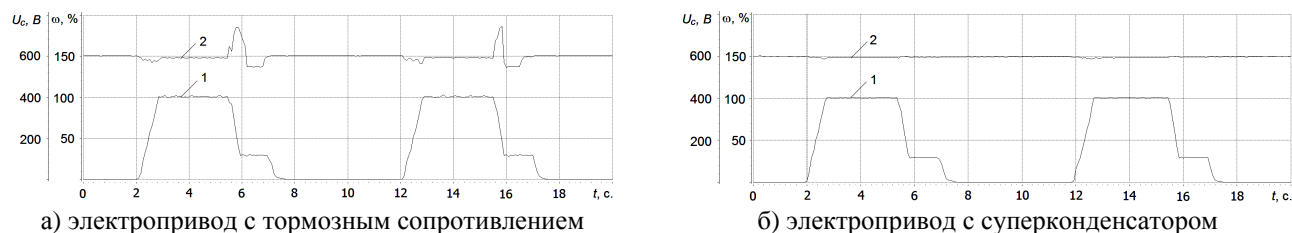


Рис. 1. Осциллограммы переходных процессов при отработке тахограммы с участком пониженной скорости (1 – угловая скорость двигателя в % от номинального значения, 2 – напряжение в звене постоянного тока)

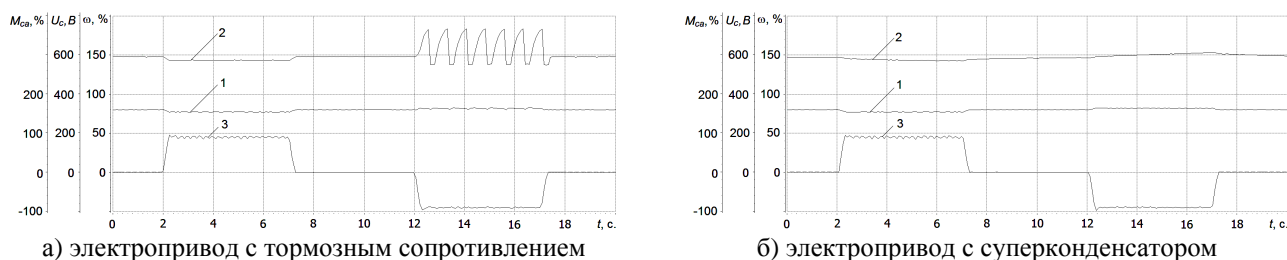


Рис. 2. Режим работы электропривода со знакопеременной нагрузкой (1 – угловая скорость двигателя в % от номинального значения, 2 – напряжение в звене постоянного тока, 3 – активная составляющая момента нагрузки в % от номинального момента двигателя)

Исследование других циклических режимов работы электропривода с суперконденсаторами показывает, что в зависимости от режима работы можно сэкономить до 50 % потребляемой активной энергии [6, 7]. Однако сроки окупаемости проектов по внедрению электроприводов с емкостными накопителями энергии в настоящее время остаются достаточно большими из-за высокой стоимости суперконденсаторов [2, 4].

Проведенные экспериментальные исследования достаточно хорошо согласуются с результатами расчетов и математического моделирования [4, 6]. По результатам экспериментов можно сделать вывод, что использование частотно-регулируемого электропривода с емкостными накопителями энергии является перспективным направлением совершенствования технических и энергетических характеристик электроприводов. Однако существенного снижения энергопотребления можно ожидать только для электроприводов, работающих в интенсивных повторно-кратковременных режимах.

ЛИТЕРАТУРА

- Браславский И. Я., Ишматов З. Ш., Поляков В. Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. Под ред. И. Я. Браславского. – М.: Издательский центр «Академия», 2004.
- Ефимов А. А., Шрейнер Р. Т. Активные преобразователи в регулируемых электроприводах переменного тока / Под общей ред. д-ра техн. наук, проф. Р. Т. Шрейнера. Новоуральск: Изд-во НТИ, 2001.
- Шурыгина В. Суперконденсаторы. Размеры меньше, мощность выше. ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. 2009, № 7.
- Математическое моделирование частотно-регулируемого электропривода с емкостными накопителями энергии. Браславский И.Я., Поляков В.Н., Ишматов З.Ш., Плотников Ю.В., Костылев А.В., Эрман Г.З. Труды международной пятнадцатой научно-технической конференции «Электроприводы переменного тока». Екатеринбург, 2012.
- Математические модели для определения энергопотребления различными типами асинхронных электроприводов и примеры их использования. Браславский И.Я., Плотников Ю.В. Электротехника № 9, 2005. 14-18 с.
- Асинхронный частотно-регулируемый электропривод с емкостным накопителем энергии. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Костылев А.В., Плотников Ю.В., Поляков В.Н., Эрман Г.З. Электротехника № 9, 2012. 30-35 с.
- Использование емкостных накопителей энергии для улучшения эксплуатационных характеристик электроприводов. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Костылев А.В., Плотников Ю.В., Поляков В.Н., Эрман Г.З. Труды VII Международной (XVIII Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2012. 46-50 с.